Cir. Cardiov. 2008;15(1):51-8

Concepto, historia y métodos de asistencia ventricular

Enrique Pérez de la Sota

Servicio de Cirugía Cardíaca
Hospital Universitario 12 de Octubre. Madrid

Los dispositivos de asistencia ventricular se han diseñado para el tratamiento de diversas situaciones que comprometen la vida del paciente siempre en el contexto de una disfunción ventricular grave, bien sea de forma aguda en el *shock* cardiogénico o de forma crónica en la insuficiencia cardíaca refractaria. Se trata de aparatos muy diferentes entre sí en cuanto al diseño, modo de funcionamiento, durabilidad, técnica y lugar de implantación o coste, por lo que su análisis aquí será necesariamente parcial y esquemático y se dará simplemente una visión global.

En el presente trabajo se abordan aspectos generales de la asistencia ventricular como su definición, la fisiopatología o los distintos métodos posibles así como un breve recuerdo histórico sobre la asistencia circulatoria.

Palabras clave: **Dispositivo de asistencia ventricular. Insuficiencia cardíaca refractaria. Bomba centrífuga. Flujo pulsátil. *Shock* cardiogénico.**

Concept, history and methods of ventricular assistance

Ventricular assist devices have been developed with the goal of treating or rehabilitating patients with severe acute circulatory compromise or chronic end-stage failure. There are several models that differ in aspects like the design, pump/drive technology, durability, implantation techniques or cost. For that reason the analysis here will be necessarily partial and schematic and a global vision will only be given.

In this article some general aspects of ventricular assistance are approached such as the definition, the physiopathology or the different methods of pumping as well as a brief historical perspective about the circulatory support.

Key words: **Ventricular assist device. Refractory heart failure. Centrifugal pump. Pulsatile flow. Cardiogenic shock.**

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades cardíacas son responsables de casi el mismo número de muertes que el resto de causas de mortalidad juntas, al menos en el llamado mundo desarrollado. La insuficiencia cardíaca (IC) crónica progresiva y refractaria supone un problema de salud de primer orden, con implicaciones para el paciente y toda la sociedad por su repercusión económica. Por eso se han desarrollado los dispositivos de asistencia ventricular (DAV) para el tratamiento de situaciones que comprometen gravemente la vida del paciente siempre en el contexto de la disfunción ventricular avanzada, de forma aguda como en el *shock* cardiogénico de cualquier etiología o de forma crónica en la IC refractaria. Son aparatos muy diferentes entre sí en cuanto al diseño, modo de funcionamiento, durabilidad, técnica y lugar de implantación o coste, por lo que nos ceñiremos a un análisis esquemático y se dará sólo una visión global.

DEFINICIÓN

Conceptualmente, un DAV es cualquier dispositivo intra o extracorpóreo utilizado para apoyar o sustituir la función cardíaca de forma temporal o permanente. Esa definición tan escueta y aparentemente genérica acota con precisión los objetivos y modos de la asistencia ventricular:

Correspondencia:
Enrique Pérez de la Sota
Servicio de Cirugía Cardíaca (planta semisótano)
Hospital Universitario 12 de Octubre
Ctra. de Córdoba, s/n
28041 Madrid
E-mail: epsccv@arrakis.es

– Realiza la función cardíaca de forma parcial o total.
– Su utilización puede ser temporal o permanente.
– Queda dentro del paciente totalmente o atraviesa la piel (cánulas, cables).

Esa gama de posibilidades hace que muy diversos dispositivos y sistemas puedan ser considerados cono DAV. Así, distinguimos:

– Asistencias mecánicas (en orden creciente de complejidad técnica):
  • Balón de contrapulsación intraaórtica.
  • Derivación *(bypass)* parcial o de apoyo/oxigenación de membrana extracorpórea (ECMO, *extracorporeal membrane oxygenation*).
  • Sistemas «intermedios» (Impella, TandemHeart, PulseCath).
  • Ventrículos artificiales (paracorpóreos e implantables).
  • Corazón artificial total.
– Asistencias biológicas:
  • Cardiomioplastia.
  • Aortoplastia.

El análisis de todos ellos excede el objetivo de este capítulo, y por ello nos centraremos en los dispositivos ventriculares y corazón artificial total.

FISIOPATOLOGÍA

De forma simplista, podemos decir que las asistencias descargan el corazón y realizan su trabajo. Los dispositivos temporales se usan para recuperación de la función miocárdica tras isquemia/reperfusión y como puente a trasplante cardíaco; los permanentes se utilizan para prolongar la supervivencia en pacientes con miocardiopatía terminal y contraindicación para el trasplante. Para ello los DAV mantienen la circulación pulmonar y/o sistémica al dar flujo en serie o paralelo con el ventrículo nativo derecho (VD) o izquierdo (VI). Se logra así una disminución de las presiones sistólica y telediastólica de VI o VD, y ello conlleva una serie de beneficios a nivel celular que podemos resumir en:

– Disminución de la demanda miocárdica de O_2 en un 40-50%, con lo que se logra:
  • Regeneración de los depósitos energéticos.
  • Restauración de la función celular.
– Disminución del consumo de O_2 hasta en > 80%, lo que implica:
  • Reducción del estrés parietal ventricular.
  • Reducción del trabajo/latido.

Todo ello conduce a una situación en que el corazón late pero no bombea (en ocasiones bombea un volumen pequeño), frase que resume bien el funcionamiento cardíaco durante la asistencia.

La asistencia aislada del VI tiene una serie de efectos en los determinantes de la función derecha (precarga, poscarga y contractilidad), pues el acoplamiento de ambos ventrículos nativos mediante interacciones hemodinámicas y anatómicas hace que el VD se vea afectado por factores como retorno venoso, presión de perfusión coronaria, movimiento del septo o presiones en el lecho vascular pulmonar, que están condicionados por el funcionamiento del dispositivo izquierdo. La función derecha debe ser, pues, vigilada estrechamente durante la asistencia izquierda, ya que su deterioro puede llegar a precisar apoyo con un dispositivo derecho.

RECUERDO HISTÓRICO

Paralelamente al inicio de la circulación extracorpórea (CEC) se desarrolló el concepto de asistencia circulatoria prolongada para apoyar el corazón que claudica o que no se recupera tras cirugía cardíaca, comenzando a emplearse a partir de 1950 la derivación parcial con bomba de rodillo y un oxigenador interpuesto.

En la década de 1960 del siglo XX se siguió experimentando con diversos sistemas de contrapulsación (Claus, 1961) hasta llegar al balón intraaórtico (Moulopoulos, 1962; Kantrowitz, 1968), y simultáneamente se desarrollan sistemas de derivación izquierda sin oxigenador entre aurícula izquierda y aorta (DeBakey, 1963) o con dispositivos apicoaórticos.

En las décadas de 1970 y 1980 los avances tecnológicos y el trasplante cardíaco estimularon el desarrollo de dispositivos paracorpóreos o implantables (como el corazón artificial Jarvik-7) eléctricos o neumáticos; la orientación inicial como apoyo circulatorio post-CEC dio enseguida paso al uso como espera al donante óptimo para trasplante (Cooley, 1969; Griffith, 1986) o como dispositivo permanente (De Vries, 1982; Pierce, 1986). Por otra parte, el *National Heart, Lung, and Blood Institute* (NHLBI) inició en enero de 1988 una serie de contratos-programa con seis centros de investigación para diseñar un aparato implantable con motor eléctrico de corriente continua, que fue el germen del corazón artificial total actual.

La década de 1990 supuso el despegue de la asistencia como un tratamiento demostrado y efectivo, a la vez que crecía el número de implantes y de centros especializados; desde entonces y hasta la actualidad los esfuerzos se han orientado a hacer dispositivos más pequeños y duraderos en fuente de alimentación y tiempos de apoyo, desarrollándose los DAV izquierdos totalmente implantables, las bombas de flujo axial y minicentrífugas y el corazón artificial total implantable.

TABLA 1. HITOS HISTÓRICOS EN EL DESARROLLO DE LA ASISTENCIA CIRCULATORIA

Autor	Año	Acontecimiento
Gibbon	1953	1.er empleo clínico con éxito de la circulación extracorpórea
DeBakey	1963	1.er DAV izquierdo poscardiotomía en humano
NHLBI	1964	«Programa para corazones artificiales» del NHLBI
Spencer	1965	Uso de derivación femorofemoral poscardiotomía con éxito
Cooley	1969	1.er corazón artificial total como puente a trasplante
Norman	1978	1.er DAV izquierdo con éxito como puente a trasplante
DeVries	1982	1.er corazón artificial total como terapia definitiva
Portner	1984	1.er DAV izquierdo implantable (Novacor®) con éxito
Gray	2001	1.er corazón artificial total implantable como indicación permanente permanente

DAV: dispositivo de asistencia ventricular; NHLBI: National Heart, Lung, and Blood Institute.

Un último modo de asistir es con material autólogo, aunque no es una opción consolidada: músculo esquelético preacondicionado y resistente a la fatiga que puede contribuir al bombeo si rodea el corazón (Maumon, 1987) o rodea un simulador de sistema circulatorio (Acker, 1986), aunque los estudios experimentales de cardiomioplastia se iniciaron hace casi 60 años.

Indudablemente, el diseño y desarrollo de dispositivos de asistencia ventricular sólo ha sido posible por un proceso paralelo de investigación y mejoras tecnológicas a lo largo del tiempo y en diversos campos como biomateriales, modelos de flujo y mecanismos de bombeo, control fisiológico sobre el dispositivo, tecnología quirúrgica o fuentes de energía y transferencia transcutánea. La tabla 1 recoge algunos de los hitos en la historia de las asistencias ventriculares en sus diversas indicaciones.

INDICACIONES

La decisión de emplear un DAV (siempre que no exista una contraindicación evidente) se basa por lo general en unos criterios clínicos que reflejan una situación hemodinámica con todos los tratamientos médicos y de apoyo agotados, es decir, el deterioro del paciente debe persistir tras:

- Corrección de la situación metabólica.
- Inserción de un balón de contrapulsación (si no está contraindicado).
- Apoyo inotrópico adecuado: definido por la presencia de al menos dos de los siguientes fármacos:
  - Dopamina > 10 µg/kg/min.
  - Dobutamina > 10 µg/kg/min.
  - Adrenalina > 0,1 µg/kg/min.
  - Noradrenalina > 0,1 µg/kg/min.
  - Isoproterenol > 0,05 µg/kg/min.

La decisión de implantación debe ser rápida (en el caso de poscardiotomía tras uno o dos intentos fallidos de salida de bomba), ya que la tardanza afecta adversamente a la supervivencia, como también lo hacen los problemas renales y respiratorios o el fallo biventricular establecido.

Criterios hemodinámicos

Ese deterioro hemodinámico se traduce en la alteración de una serie de parámetros y constantes que, dependiendo del ventrículo afectado (y que será, por lo tanto, el ventrículo asistido), podemos resumir así para indicar una asistencia:

- Asistencia izquierda.
  - Índice cardíaco < 1,8-2 l/min/m^2.
  - Tensión arterial sistólica < 80 mmHg (o tensión media < 65 mmHg).
  - Presión en aurícula izquierda > 20 mmHg.
  - Diuresis < 20 ml/h.
  - Resistencias vasculares sistémicas > 2.100 dinas/cm^5/s.
- Asistencia derecha.
  - Índice cardíaco < 1,8-2 l/min/m^2.
  - Tensión arterial sistólica < 80 mmHg (o tensión media < 65 mmHg).
  - Presión en aurícula derecha > 20 mmHg.
  - Presión en aurícula izquierda < 15 mmHg.
  - Diuresis < 20 ml/h.
  - No insuficiencia tricúspide.
  - Saturación venosa mixta de oxígeno < 50%.
- Asistencia biventricular.
  - Con parámetros hemodinámicos de mala función biventricular:
    - Índice cardíaco < 1,8 l/min/m^2.
    - Tensión arterial sistólica < 80 mmHg (o presión media < 65 mmHg).
    - Presión en aurícula derecha > 20-25 mmHg.
    - Presión en aurícula izquierda > 20 mmHg.
    - No insuficiencia tricúspide.
    - Diuresis < 20 ml/h.

TABLA 2. CLASIFICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE ASISTENCIA VENTRICULAR

Parámetro	Tipo de asistencia
Localización (lado asistido)	Izquierda/derecha/biventricular
Duración	Temporal/definitiva
Tiempo de apoyo	Corto/medio plazo/permanente
Tipo de flujo	Continuo (centrífugo, axial)/pulsátil
Modo de impulsión	Neumático/eléctrico/electromagnético
Posición del implante	Paracorpóreo/intracorpóreo
Cardiectomía o no	Heterotópico/ortotópico

- En caso de DAV izquierdo ante la imposibilidad de mantener un flujo > 1,8 l/min/m^2 con presiones en aurícula derecha > 20 mmHg.

OBJETIVOS

La asistencia se indica habitualmente con uno de estos tres objetivos, los dos primeros con carácter temporal y el tercero de forma definitiva:

- Apoyo para recuperación miocárdica o hemodinámica.
- Apoyo como puente a trasplante cardíaco.
- Apoyo permanente en pacientes no trasplantables.

Se distinguen una serie de situaciones clínicas en las que, si se cumplen los criterios hemodinámicos precedentes, una asistencia ventricular satisfaría adecuadamente alguno de esos objetivos. Serían, pues, desde un punto de vista teórico, las indicaciones:

- *Shock* cardiogénico:
  - Poscardiotomía.
  - Postinfarto agudo de miocardio (IAM).
  - Miocarditis aguda fulminante.
    - En los tres casos se trata de pacientes con fallo cardíaco potencialmente «reversible».
  - Insuficiencia cardíaca terminal refractaria (pretrasplante).
    - Son pacientes en espera de trasplante que sufren un deterioro rápido e irreversible.
- Postrasplante: paciente con fallo primario del injerto tras un trasplante cardíaco.
- Asistencia definitiva: indicación de apoyo permanente en pacientes no candidatos a trasplante.
- Otras (apoyo en cirugía de alto riesgo, arritmias).

MÉTODOS DE ASISTENCIA

Los dispositivos para asistencia ventricular son muchos y variados. Como ya se ha comentado previamente, se trata de aparatos diferentes entre sí en cuanto a aspectos tecnológicos, económicos, quirúrgicos, de manejo, e incluso a sus resultados dependiendo de la indicación. Su clasificación, además, no es sencilla dado que puede hacerse de acuerdo con múltiples parámetros, algunos de los cuales (los más comunes) recoge la tabla 2.

Para analizar los métodos de asistencia nos centraremos en el diseño del modo de bombeo, puesto que permite distinguir varios grupos de dispositivos caracterizados por diferencias tecnológicas que condicionan otros parámetros como duración del apoyo o implantabilidad o no (Fig. 1). Evidentemente, el método más simple de dar apoyo univentricular es una bomba de rodillo estándar sin oxigenación, pero no es un sistema efectivo con altos flujos y apoyo más allá de unas horas.

En el desarrollo de los DAV se han utilizado cronológicamente tres diseños diferentes:

- Bomba centrífuga o cinética, no pulsátil y extracorpórea, en la que la sangre es impulsada por la fuerza centrífuga transmitida por la rotación de unos conos y un impulsor.
- Bomba de desplazamiento, pulsátil, en la que la sangre es propulsada con presión positiva desde las aurículas (o VI) hacia aorta o pulmonar (según modelo y tipo de asistencia) debido al movimiento de desplazamiento de una membrana-diafragma o la compresión de una cámara sacular.
- Bomba de flujo axial, en la que la sangre es impulsada por la rotación sobre su propio eje (rotación axial) de la única pieza móvil del dispositivo.

Bombas centrífugas

- El modelo clásico, representado por la Sarns Delphin® y la Bio-Medicus®, es una bomba de vórtice de forma troncocónica con dos o tres conos magnéticos que funcionan como aspas rotatorias que al «girar» imprimen a la sangre una fuerza centrífuga que la impulsa por el tubo de salida hacia el paciente.
- Más reciente y tecnológicamente más avanzada (centrífugas de segunda generación o MagLev)

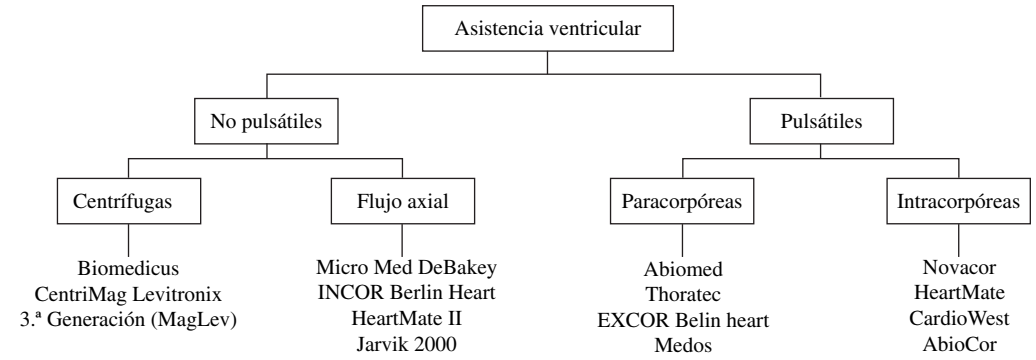

Figura 1. *Clasificación de asistencias según tipo de flujo.*

es la bomba Centrimag® Levitronix: un campo electromagnético creado por la consola mantiene el cono de impulsión en levitación y a la vez lo hace girar (rotar) con velocidad variable por acción del motor. Se genera menos calor y fricción y puede usarse durante más tiempo.

Son dispositivos no pulsátiles, paracorpóreos y se emplean sólo en apoyos cortos (≤ 4 semanas). Permiten asistencia izquierda, derecha o biventricular, y el uso simultáneo de balón lo transforma en casi pulsátil (si bien la descarga al trabajo miocárdico no es mucho mayor que con la bomba, sólo y por eso es discutible su uso). Si se interpone un oxigenador en el circuito se denomina ECMO.

Bombas pulsátiles

El desplazamiento rítmico de una membrana-diafragma o una cámara sacular producen la impulsión de la sangre semejando «sístole» y «diástole». El flujo es unidireccional, al haber unas válvulas en la entrada y salida del dispositivo, y la forma de trabajar es neumática o eléctrica, pudiendo ser paracorpóreos o implantables (entendiendo por implantable que el dispositivo queda alojado totalmente dentro del paciente).

Dada la diversidad de modelos y su heterogeneidad, no es sencilla su clasificación, pero con carácter docente y meramente descriptivo podemos agruparlos así (debe tenerse en cuenta que por razones históricas se cita algún modelo ya retirado):

– Paracorpóreas: permiten asistencia izquierda, derecha o biventricular. Son de impulsión neumática y permiten apoyo a corto y medio plazo (Fig. 2).
  - Con prótesis mecánicas: BCM (modelo español ya retirado), Thoratec® (también tiene un modelo implantable, no paracorpóreo, llamado IVAD).

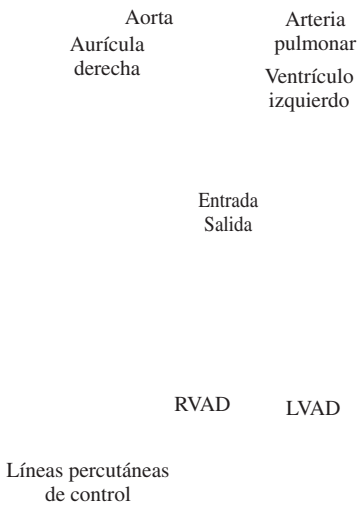

Figura 2. *Representación esquemática de una asistencia pulsátil paracorpórea (Abiomed BVS 5000 a la izquierda y Thoratec a la derecha).*

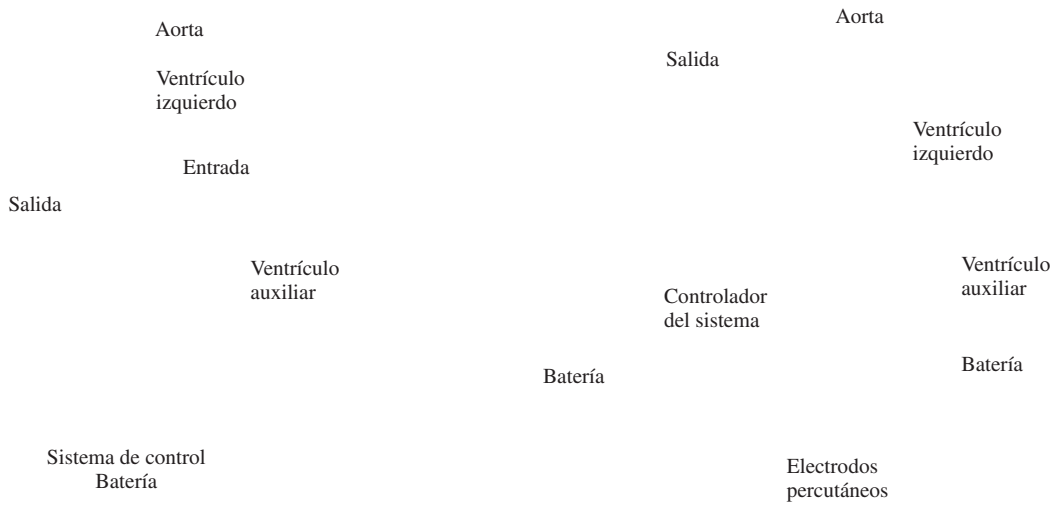

Figura 3. *Representación esquemática de una asistencia pulsátil implantable (Novacor a la izquierda y HeartMate VE a la derecha).*

- Con bioprótesis: Abiomed® (BVS5000 y AB5000), EXCOR® Berlin Heart, Medos (modelos europeos los dos últimos).

– Intracorpóreas (implantables):
  - Asistencia ventricular izquierda. En contraste con los dispositivos anteriores, no actúan en paralelo sino en serie: la sangre es drenada del VI y la bomba la envía a la aorta ascendente.
    La impulsión es eléctrica (el HeartMate® tiene un modelo neumático antiguo también) y se usan habitualmente como alternativa al trasplante o puente de larga duración.
    En la actualidad está disponible el HeartMate® (versiones IP neumática y XVE eléctrica) y el Novacor®, y hasta 2005 se implantó el Arrow LionHeart® (único totalmente implantable pues ningún cable o línea lo conectaba al exterior) (Fig. 3).
  - Corazón artificial total: es una asistencia biventricular y ortotópica, es decir, requiere explantar el corazón nativo y colocar en su lugar el dispositivo, por lo que su indicación es puente a trasplante o apoyo definitivo.
    El CardioWest® TAH-t (heredero del histórico Jarvik-7) está accionado neumáticamente y se conecta a una consola exterior. El AbioCor® es eléctrico y totalmente implantable; su experiencia es muy limitada pero prometedora.

En la tabla 3 se recogen algunas diferencias y similitudes entre la asistencia centrífuga y la pulsátil por ser éstos los dos modos de bombeo más frecuentes en España.

Bombas de flujo axial

Se trata de dispositivos de apoyo exclusivamente izquierdo, también interpuestos en serie. Son de pequeño tamaño, con una sola parte móvil, el impulsor, que rota axialmente, es decir, sobre su propio eje, y con ello impulsa la sangre desde el ápex de VI hasta la aorta (Fig. 4). Se indican como puente a trasplante y como asistencia permanente. Representantes de este tipo de asistencias

TABLA 3. COMPARACIÓN ENTRE ASISTENCIA CENTRÍFUGA Y ASISTENCIA PULSÁTIL

	Centrífuga	Pulsátil
Tipo de flujo	Continuo (no pulsátil)	Pulsátil
Modo de impulsión	Eléctrico/electromagnético	Neumático/eléctrico
Tiempo de asistencia	Corto*	Corto/medio/definitivo
Portabilidad	Paracorpóreo*	Paracorpóreo/implantable
Localización	Izquierda/derecha/biventricular	Izquierda/derecha/biventricular
Necesidad de anticoagulación	Sí	Sí

*Las centrífugas de 3.ª generación son de pequeño tamaño, lo que permite su total implantabilidad dentro del tórax y una asistencia prolongada o definitiva.

Figura 4. *Representación esquemática de una asistencia de flujo axial (HeartMate II a la izquierda) y una minicentrífuga implantable (VentrAssist a la derecha).*

son el HeartMate® II, el DeBakey® MicroMed, el INCOR® Berlin Heart o el Jarvik 2000 Flowmaker®.

Minicentrífugas

Son unos DAV de reciente desarrollo que combinan la sencillez del modo de impulsión de las centrífugas clásicas (rotación de una pieza que por fuerza centrífuga mueve la sangre) con la tecnología de levitación magnética y la miniaturización de componentes. Eso permite que sean totalmente implantables, dan sólo apoyo izquierdo y su objetivo casi exclusivo es la asistencia permanente (Fig. 4).

Suponen la tercera generación de centrífugas, y los modelos ahora disponibles (poco extendidos aún) son VentrAssist® Ventracor, DuraHeart® Terumo, y muy próximamente HeartMate® III y Levacor® WorldHeart.

Selección del dispositivo

Teniendo en cuenta esa variedad de modelos se entenderá la dificultad que se presenta en la selección del dispositivo, es decir, qué tipo de asistencia y qué modelo para qué indicación. Además, la decisión no siempre puede basarse en un único criterio puramente médico, sino que entran en juego factores como la disponibilidad o el presupuesto asignado. Por ello, no deben darse normas o algoritmos rígidos, y la propuesta que sigue debe verse simplemente como una reflexión basada en la experiencia y la visión personal en cuanto al modo de asistencia recomendado para cada indicación.

- Recuperación ventricular post-CEC: centrífuga (de segunda generación, si es posible) en todos los casos:
  - Si hay recuperación ventricular: desconexión del sistema.
  - Si no hay recuperación ventricular en 5-7 días: según situación clínica y orgánica plantear desconexión, Tx urgente o cambiar a asistencia pulsátil (para permitir recuperación de órganos).
- Recuperación por *shock* cardiogénico (IAM, miocarditis, etc.).
  - Si ha habido parada cardíaca previa y maniobras de resucitación: asistencia centrífuga hasta precisar posible daño neurológico, y en su caso sustituir por pulsátil si necesita asistencia de duración intermedia o larga.
  - Sin parada previa: pulsátil antes de deterioro irreversible de funciones renal y/o hepática.
- Pretrasplante: asistencia pulsátil (si no hay disponibilidad, y dada la espera media para trasplante urgente en España, puede considerarse como opción válida una centrífuga de segunda generación).
- Postrasplante:
  - Centrífuga en todos los casos (excepto el punto siguiente): si no hay recuperación evidente en 6-8 h se incluirá en urgencia 0 para retrasplante si es un caso adecuado para ello.
  - Pulsátil: si el paciente se había trasplantado con cierto grado de afectación multiorgánica y es candidato a retrasplante pero no de forma inmediata (así, se dará tiempo a la recuperación funcional para el nuevo trasplante).
- Asistencia definitiva: dependiendo de la preferencia del grupo quirúrgico y de la disponibilidad

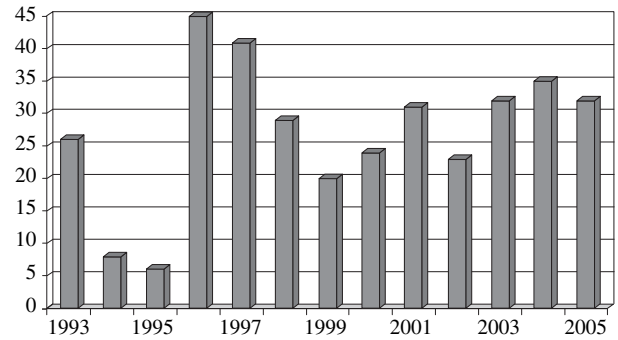

Figura 5. *Implante anual de asistencias en España.*

pueden emplearse pulsátiles implantables (tipo HeartMate®) o bombas de flujo axial (en un futuro también minicentrífugas y quizá el corazón artificial total implantable AbioCor®).

EXPERIENCIA EN ESPAÑA

La asistencia ventricular es una posibilidad terapéutica consolidada. Existe suficiente experiencia mundial que lo avala (si bien las cifras no son aún abrumadoras en términos absolutos) y los resultados son buenos, especialmente cuando la indicación se establece tempranamente. Pese a ello, la experiencia nacional es pequeña, como lo demuestran los datos del Registro de Actividad de la Sociedad Española de Cirugía Torácica-Cardiovascular SECTCV, del que se deduce una media de 28 pacientes asistidos cada año desde 1993 (Fig. 5).

BIBLIOGRAFÍA

Aspectos generales

Goldstein DJ, Oz MC. Cardiac assist devices. Nueva York: Futura Publishing Company Inc.; 2000.
DiGiorgi PL, Kukuy EL, Naka Y, Oz MC. Left ventricular assist devices. En: Selke F, Swanson S, Del Nido PJ, eds. Sabiston & Spencer surgery of the chest. 7.ª ed. Nueva York: Elsevier; 2004. p. 1613-31.
Dowling RD. Total artificial heart. En: Selke F, Swanson S, Del Nido PJ, eds. Sabiston & Spencer surgery of the chest. 7.ª ed. Nueva York: Elsevier; 2004. p. 1631-40.
Ott RA, Gutfinger DE, Gazzaniga AB. Mechanical cardiac assist. Cardiac surgery: state of the art reviews. Filadelfia: Hanley & Belfus Inc.; 1993.
Bojar RM. Circulatory assist devices. En: Bojar RM, ed. Adult cardiac surgery. Boston: Blackwell Scientific Publications; 1992.

Datos técnicos

Levitación magnética: http://www.levitronix.com/Tech.php

Bombas centrífugas

Biomedicus: http://www.medtronic.com/cardsurgery/arrested_heart/centrifugal_pump.html
Centrimag: http://www.levitronix.com/Medical.OUS.php

Bombas pulsátiles paracorpóreas

Thorathec: http://www.thoratec.com/ventricular-assist-device/thoratec_vad. htm
Abiomed: http://www.abiomed.com/products/heart_recovery.cfm
Excor: http://www.berlinheart.com/englisch/medpro/EXCOR/pumpen

Bombas pulsátiles implantables

HeartMate: http://www.thoratec.com/ventricular-assist-device/heartmate_lvas.htm
Novacor: http://www.worldheart.com/products/novacor_lvas.cfm

Bombas de flujo axial

DeBakey: http://www.micromedcv.com/products2.html
INCOR: http://www.berlinheart.de/englisch/medpro/incor/Pumpe/
HeartmateII: http://www.thoratec.com/ventricular-assist-device/heartmate_II. htm
Jarvik 2000 Flowmaker: http://www.jarvikheart.com/basic.asp?id=21

Bombas minicentrífugas

VentrAssist: http://www.ventracor.com/ventrassist/ventassist_productpr.asp
DuraHeart: http://www.terumoheart.com/tech_duraheart.asp
Levacor: http://www.worldheart.com/products/levacor_vad.cfm
Heartmate III: http://www.thoratec.com/ventricular-assist-device/heartmate_III_ future.htm

Corazón artificial

CardioWest: http://www.syncardia.com/formedical/index.php
AbioCor: http://www.abiomed.com/products/heart_replacement.cfm

BIOMED
unidix
Especialistas
en cirugía
cardiovascular
desde 1977 al cuidado de tu salud
91 803 28 02
info@biomed.es